УТВЕРЖДАЮ

Ректор МГТУ имени Н.Э. Баумана

_______________ А. А. Александров

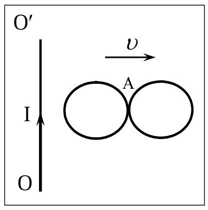
«_____»_________________ 2017 г.

ТИПОВОЙ ВАРИАНТ ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ» 2017 – 2018 (ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО)

З А Д А Ч А 1.

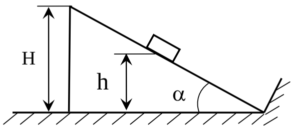
Тело совершает два последовательных, одинаковых по длине перемещения со скоростями $\upsilon_1 = 20\ м/c$ под углом $\alpha_1 = 60^o$ к координатной оси x, и со скоростью $\upsilon_2 = 40\ м/c$ под углом $\alpha_2 = 120^o$ к тому же направлению. Найдите модуль средней скорости движения тела $\left|\vec{\upsilon}_{CP}\right|$.

З А Д А Ч А 2.



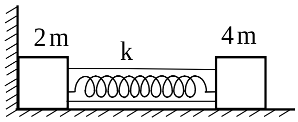
Проводящий контур, имеющий форму восьмерки, перемещается поступательно в магнитном поле тока, текущего по прямолинейному длинному проводнику. Покажите на рисунке направление результирующей силы Ампера, действующей на контур, если контур удаляется от проводника. Электрический контакт в месте пересечения проводников (в точке А) отсутствует. Ответ поясните.

З А Д А Ч А 3.



С наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^o$ с горизонтом с высоты H = 4 м, соскальзывает небольшая шайба. В конце спуска, у основания наклонной плоскости, шайба испытывает абсолютно упругое соударение со стенкой и поднимается вверх по наклонной плоскости на высоту h = 2,4 м. Найдите коэффициент трения μ между шайбой и наклонной плоскостью.

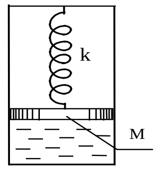
З А Д А Ч А 4.



Два бруска, массы которых 2m и 4m, соединены пружиной жёсткости k. Левый брусок упирается в стенку. Пружина сжата на величину Δx при помощи двух нитей, которые в некоторый момент пережигают. Определите скорость центра масс брусков при их дальнейшем движении после пережигания нитей. Силами трения и массой пружины пренебречь

З А Д А Ч А 5

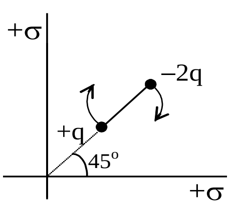
Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением S = 20 см ^{2}, разделён поршнем массы M = 5 кг на две части. Нижняя часть цилиндра под поршнем целиком заполнена водой при начальной температуре $t_o = O^oC$, над поршнем–вакуум. Поршень связан с верхним основанием цилиндра пружиной жесткости k = 15 Н/м. Вначале пружина не деформирована. Определите массу m пара под поршнем при нагревании воды до температуры $t = 100^oC$. Трением и массой пружины пренебречь.



З А Д А Ч А 6.

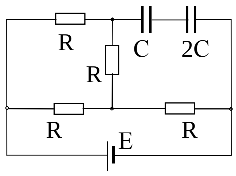
В озеро, имеющее среднюю глубину h = 10 м и площадь поверхности S = 20 км^2, бросили кристаллик поваренной соли массой m = 0,01 г. Сколько молекул этой соли оказалось бы в напёрстке воды объёмом V = 2 см ^{3}, зачерпнутой из озера, если полагать, что соль, растворившись, равномерно распределилась во всём объёме воды ?

З А Д А Ч А 7. Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия газа пропорциональна квадрату его объема $U = \alpha V^2$, где α – постоянная.. Найдите работу А, совершенную газом в таком процессе, если известно количество теплоты Q, сообщенное при этом газу.



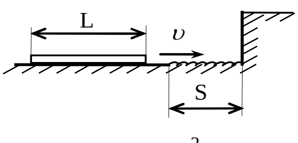
З А Д А Ч А 8. На рисунке показаны два точечных заряда –2q и +q соединенные изолирующим стержнем длины L, находящиеся в электрическом поле, созданном двумя бесконечными взаимно перпендикулярными равномерно заряженными плоскостями. Поверхностные плотности зарядов плоскостей одинаковы и равны +σ. Какую работу совершат силы поля при повороте стержня с зарядами вокруг середины стержня на 180 ^{o} в плоскости рисунка ?

З А Д А Ч А 9.



Конденсаторы емкостей C и 2C и резисторы, сопротивления которых равны R, включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Найдите установившийся заряд на конденсаторе C, если ЭДС источника тока равна E , а его внутренним сопротивлением можно пренебречь.

З А Д А Ч А 10. По гладкой горизонтальной плоскости скользит со скоростью υ = 0,5 м/с тонкий однородный брусок длины L = 1 м. Брусок наезжает на шероховатый участок плоскости с коэффициентом трения μ = 0,1 и, пройдя расстояние S = 0,25 м, „ударяется о вертикальную стенку. Определите время движения τ бруска по шероховатой поверхности S до вертикальной стенки. Принять ускорение свободного падения g = 10 м/с^2.



РЕШЕНИЕ ТИПОВОГО ВАРИАНТА

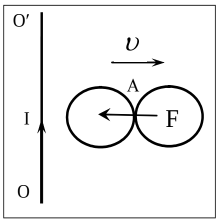
З А Д А Ч А 1.

Ответ: $\boxed{\left|\vec{\upsilon}_{CP}\right| = \dfrac{40\sqrt{3}}{3} \approx 23 \ \text{м/с}}$.

.

З А Д А Ч А 2.

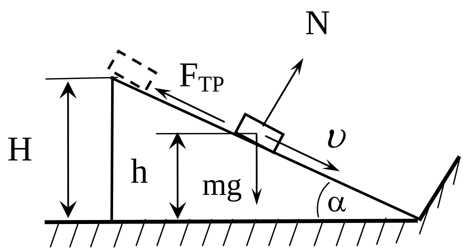
Ответ: На рисунке.



З А Д А Ч А 3.

Ответ: $\boxed{\mu = 0{,}14}$.

По закону сохранения энергии приращение механической энергии шайбы равно работе сил трения на всём пути шайбы: $mgh - mgH = A_{TP}$ **(1),** где . $A_{TP} = -F_{TP} \cdot S$ **.** Путь S, пройденный шайбой вдоль наклонной плоскости равен $S = \dfrac{H}{\sin\alpha} + \dfrac{h}{\sin\alpha}$. Сила трения при скольжении $F_{TP} = \mu N = \mu mg\cos\alpha$. С учётом указанных соотношений выражение (1) запишется:



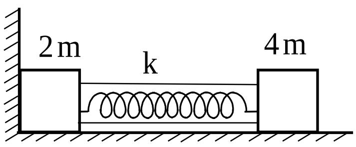
$$mgh - mgH = -\mu mg\cos\alpha\left(\frac{H+h}{\sin\alpha}\right),$$ откуда

$$\mu = \frac{H-h}{H+h}\cdot\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} = \frac{H-h}{H+h}tg\alpha.$$

При $\alpha = 30^o$, H = 4 м; h = 2,4 м, $\mu = \dfrac{4-2{,}4}{4+2{,}4}tg30^o = \dfrac{1{,}6}{6{,}4}\cdot\dfrac{1}{\sqrt{3}} = 0{,}14$; $\mu = 0{,}14$.

З А Д А Ч А 4.

Ответ: $\boxed{\upsilon_C = \dfrac{\Delta x}{3}\sqrt{\dfrac{k}{m}}}$.



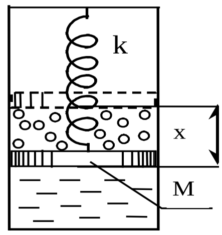
После пережигания нитей максимальная скорость бруска 4m :

$$\upsilon = \Delta x\cdot\omega = \Delta x\sqrt{\frac{k}{4m}} = \frac{\Delta x}{2}\sqrt{\frac{k}{m}} .$$

Скорость центра масс брусков $\upsilon_C = \dfrac{4m\cdot}{2m+4m}\cdot\upsilon = \dfrac{4m\cdot}{2m+4m}\dfrac{\Delta x}{2}\sqrt{\dfrac{k}{m}} = \dfrac{\Delta x}{3}\sqrt{\dfrac{k}{m}}$.

З А Д А Ч А 5.

Ответ: $\boxed{m = 11{,}7г}$.



При температуре 0^o С давление насыщенных паров воды пренебрежимо мало, и в исходном состоянии системы поршень лежит на поверхности воды– его вес компенсирован реакцией опоры воды. При нагревании до 100 ^{o} С часть воды испарится, пружина сожмётся под действием силы давления насыщенного пара, равной $p_нS$. Смещение поршня определяет величину деформации пружины x.

Запишем условие равновесия поршня в этом состоянии:

$$p_н S = Mg + kx, \quad \text{откуда} \quad x = \frac{p_н S - Mg}{k}.$$

Определить массу пара можно, исходя из уравнения состояния идеального газа (уравнения Клапейрона-Менделеева) $p_H S\cdot x=\dfrac{m}{\mu}RT$.

Учитывая, что давление насыщенного пара при температуре равно нормальному атмосферному давлению p_o (условие кипения воды) и что абсолютная термодинамическая температура воды $T=t+273$, получим

$$m=\frac{p_o\mu S}{R(t+273)}\frac{(p_oS-Mg)}{k}=11{,}7\,г.$$

З А Д А Ч А 6.

Ответ: $\boxed{N_1=10^6}$.

Число молекул в кристаллите соли $N=\dfrac{m}{\mu}\cdot N_A$ (1)

Объём озера $V=S\cdot h$ (2)

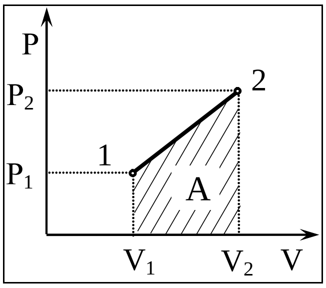
Концентрация молекул соли в воде $n=\dfrac{N}{V}$; $\mu_{NaCl}=0{,}058$;

Число молекул соли в объёме воды в напёрстке

$$N_1=nV_1=\frac{1\cdot10^{-5}\cdot6\cdot10^{23}\cdot2\cdot10^{-6}}{0{,}058\cdot2\cdot10^{8}}\approx10^6.$$

З А Д А Ч А 7.

Ответ: $\boxed{A=\dfrac{1}{4}Q}$.



Внутренняя энергия одноатомного газа $U=\dfrac{3}{2}\nu RT$. Но $pV=\nu RT$. Тогда, учитывая данную в условии задачи зависимость внутренней энергии газа от объема ($U=\alpha V^2$), запишем $U=\dfrac{3}{2}\nu RT=\dfrac{3}{2}pV=\alpha V^2$.

И уравнение данного процесса перепишем в виде $p=\dfrac{2}{3}\alpha V$, то есть в заданном процессе давление газа линейно зависит от его объема.

Работа, совершаемая газом при его расширении, равна площади под прямой, изображающей процесс на PV –диаграмме.

$$A=\frac{1}{2}(p_1+p_2)(V_2-V_1)=\frac{1}{3}\alpha(V_1+V_2)(V_2-V_1)=\frac{1}{3}\alpha(V_2^2-V_1^2)\quad(1)$$

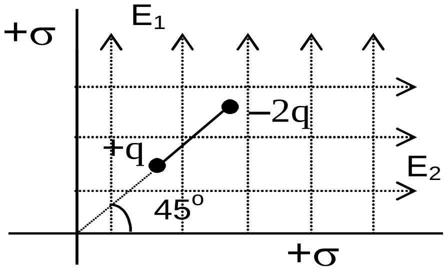
Изменение внутренней энергии $\Delta U=\alpha(V_2^2-V_1^2)$.

$$Q=\Delta U+A=\alpha(V_2^2-V_1^2)+\frac{1}{3}\alpha(V_2^{\,2}-V_1^{\,2})=\frac{4}{3}\alpha(V_2^{\,2}-V_1^{\,2}).\qquad(2)$$

Из (2) $\alpha(V_2^2-V_1^2)=\dfrac{3}{4}Q$. Тогда, подставив в (1), получим $A=\dfrac{1}{4}Q$.

З А Д А Ч А 8.

Ответ: $\boxed{A=3qEL=\dfrac{3}{2}\sqrt{2}\,\dfrac{q\sigma L}{\varepsilon_o}}$



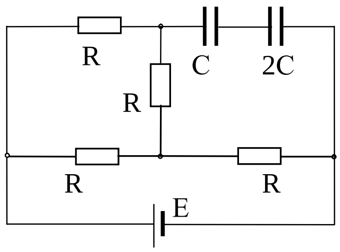
$$\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2;$$

$$E=E_1\sqrt{2}=\frac{\sigma}{2\varepsilon_o}\sqrt{2}$$

$$A=3qEL=3qL\frac{\sigma}{2\varepsilon_o}\sqrt{2}=\frac{3}{2}\sqrt{2}\,\frac{q\sigma L}{\varepsilon_o}$$

З А Д А Ч А 9.

Ответ: $\boxed{q=\frac{8}{15}EC}$.



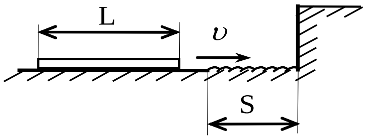
$\boxed{R_{общ}=\frac{2}{3}R+R=\frac{5}{3}R}$; $\boxed{I_1=\frac{E}{R_{общ}}=\frac{3E}{5R}}$; $\boxed{I_2=\frac{1}{3}I_1=\frac{E}{5R}}$,

$\varphi_A-\varphi_O=I_2R+I_1R=\frac{4}{5}E$;

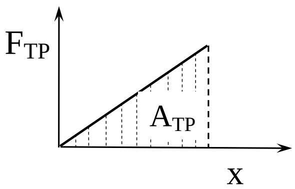
Емкость батареи конденсаторов $C_{БАТ}=\frac{2}{3}C$.

Следовательно, $q=C_{БАТ}(\varphi_A-\varphi_o)=\frac{8}{15}EC$.

З А Д А Ч А 10.



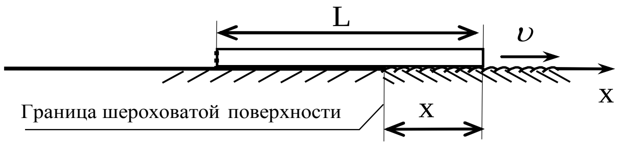
Ответ**:** $\boxed{\tau=\frac{\pi}{6}\approx 0{,}52c}$



При движении по шероховатой поверхности на брусок действует переменная сила трения, величина которой равна $F_{TP}=\mu\frac{mg}{L}x$, где x – длина части бруска, въехавшей на шероховатую поверхность.

В соответствии со вторым законом Ньютона уравнение движения бруска имеет вид:

$$ma_x=-\mu\frac{mg}{L}x \quad \text{или} \quad a_x+\frac{\mu\cdot g}{L}x=0 \qquad (1)$$



Движение бруска описывается уравнением колебательного движения с циклической частотой $\omega=\sqrt{\frac{\mu\ g}{L}}$ и амплитудой $A=\frac{\upsilon}{\omega}=\upsilon\sqrt{\frac{L}{\mu\ g}}$, т.е.

$$x=A\sin\omega t=\upsilon\sqrt{\frac{L}{\mu\ g}}\sin\left(\sqrt{\frac{\mu\ g}{L}}\cdot t\right) \qquad (2)$$

Подставив числовые значения в уравнение (2), найдём τ.

$$0{,}25=0{,}5\sqrt{\frac{1}{0{,}1\cdot 10}}\sin\left(\sqrt{\frac{0{,}1\cdot 10}{1}}\cdot\tau\right); \qquad 0{,}25=0{,}5\sin\tau\ ; \qquad \sin\tau=0{,}5; \qquad \tau=\frac{\pi}{6}\approx 0{,}52c$$